Observacions a propòsit de la brisa de mar estival al Llevant de Mallorca (Illes Balears)

Lluís GÓMEZ-PUJOL

SHNB



SOCIETAT D'HISTÒRIA NATURAL DE LES BALEARS

Gómez-Pujol, L. 2014. Observacions a propòsit de la brisa de mar estival al Llevant de Mallorca (Illes Balears). *Boll. Soc. Hist. Nat. Balears,* 57: 191-201. ISSN 0212-260X. Palma de Mallorca.

El Llevant de Mallorca experimenta un sistema regular i freqüent de brises de mar. L'anàlisi d'una sèrie temporal d'alta resolució d'atributs del vent durant tres mesos d'estiu a Cala Millor (costa oriental de Mallorca) posa de manifest que com a mínim en el 60% dels dies es donen episodis de brisa de mar, amb velocitats mitjanes de 2.09 m/s i intensitats de vent mitjanes de 6.86 m/s. La duració dels cicles de brisa de mar duren de mitjana 12 hores i un dels seus atributs a destacar, és que bufen amb una direcció oblíqua a la línia de costa.
Paraules clau: *brises marines, embat, vents tèrmics, velocitat del vent, Mallorca.*

OBSERVATIONS ON SUMMER SEA BREEZE IN EASTERN MALLORCA (Balearic Islands). The coastline of Eastern Mallorca is subjected to a recurrent sea breeze system. Using high resolution wind data collected during trhee summer months at Cala Millor beach it was found that almost the 60% of the summer days experienced sea breeze events with a average wind speed of 2.09 m/s and average wind gusts of 6.86 m/s. Sea breezes duration attended around 12 hours and a significant feature is that they blow obliquely-onshore.
Keywords: *sea breeze, embat, thermal winds, winds velocity, Mallorca.*

Lluís GÓMEZ-PUJOL, SOCIB, Balearic Islands Coastal Observing and Forecasting System. ParcBIT, Ed. Naorte, Ctra. Valldemossa km 7.4, 07121 Palma (Illes Balears). E-mail: lgomez-pujol@socib.cat.

Recepció del manuscrit: 3-set-14; revisió acceptada: 30-des-14.

Introducció

La circulació atmosfèrica, resultat de l'escalfament diferencial de la superfície terrestre i les masses d'aigua, és un dels fenòmens meteorològics mesoescalars més ben estudiats (Arrit, 1987; Hsu 1988; Abss i Physick, 1992; Simpson, 1994). Una de les raons que justifica aquest esforç és que les brises de mar són sistemes relativament estables de cicle diari i persistents a dues terceres parts de les costes del globus terrestre, especialment a les zones tropicals i subtropicals. Les zones temperades, doncs, i en especial la Mediterrània, no en són un àmbit d'acció aliè (Abbs i Physick, 1992; Hounam, 1945; Jansà i Jaume, 1946; Jehn, 1973; Masselink i Pattiarachi, 2001; Neumann, 1984; Ramis *et al.*, 1990; Redano *et al.*, 1991; Simpson, 1994; Sonu *et al.*, 1973).

La brisa de mar és un vent típic del litoral i es forma quan l'aire que hi ha sobre la costa s'escalfa més ràpidament que el que hi ha sobre el mar. Així, l'aire que hi ha sobre la superfície terrestre s'escalfa abans

i, com que és menys dens tendeix a desplaçar-se en vertical, per la qual cosa el buit que deixa passa ser ocupat per un corrent d'aire de mar cap a costa. En reduir-se la intensitat de la radiació solar, es dóna el procés invers i es crea un corrent de terra a mar conegut com a brisa de terra o terral (Comalrena de Sobregrau, 2013; Redaño *et al.*, 1991). Així doncs, un cicle de brisa de mar –canònic– es caracteritza per un canvi en la direcció i intensitat del vent entre el matí i el vespre. Des de la sortida del Sol es produeix un canvi en la direcció i la velocitat del vent tot assolint el màxim de velocitat a mitjan matí. Ja d'horabaixa es genera un canvi en la direcció del vent substancial i una minva en la seva intensitat.

Tot i que habitualment s'ha considerat la brisa de mar com un fenomen estrictament estival, el cert és que estudis recents també posen de manifest que durant els mesos d'hivern, en configuracions atmosfèriques particulars, aquest fenomen també pot arribar a ser important en la dinàmica atmosfèrica de les zones costaneres (Olcina i Azorín-Molina, 2004; Azorín-Molina i Martín-Vide, 2007). Així a l'hivern, a la Mediterrània occidental, els fenòmens de brisa de mar poden donar-se entre el 35 % i el 50% dels dies, mentre que a l'estiu aquesta proporció relativa queda part damunt dels 75% dels dies (Azorín, 2004).

A l'illa de Mallorca les brises de mar reben el nom d'*embat*. Per norma general des de mitjans del mes de maig fins a finals de setembre es pot apreciar a Mallorca un règim de brises de mar, més o menys regular, condicionat per una configuració atmosfèrica en què destaca l'absència d'un gradient de pressió accentuat i el domini de l'anticicló de les illes Açores, juntament amb una baixa de pressió sobre la Península Ibèrica i una circulació de component est generalitzada a tota la conca mediterrània (Ramis, 1998). El fenomen de l'embat ha estat àmpliament estudiat, tot partint de la fita de les enquestes a pagesos i pescadors de Jansà i Jaume (1946) per tal d'establir el règim de brisa marina i el seu abast espacial. A aquesta publicació seminal han seguit els treballs d'observació i modelització de l'embat i la seva implicació en la generació de meteors (Alomar, 2012; Ramis i Alonso, 1988; Ramis *et al.*, 1990; Ramis i Romero, 1995; Romero i Ramis, 1998) o les aproximacions que, des de la perspectiva de la geografia de la percepció i cultural, han considerat l'embat com un factor de localització d'activitats de lleure (Alomar *et al.*, 2004). També comptam amb treballs que aborden la influència de la brisa marina en la presència d'eixams de grumers (Basterretxea *et al.*, 2005) o la seva contribució en la modelització i propagació de l'onatge al mar Balear (Ponce de León i Orfila, 2013). Altrament, el règim de brises de mar pot jugar un paper important en la dinàmica de les platges durant els períodes d'onatge poc energètic (Masselink i Pattiaratchi, 2001), fins al punt de modificar o matisar les classificacions morfodinàmiques de les platges just fonamentades en la propagació de l'onatge des d'aigües profones (Gómez-Pujol *et al.*, 2007), o bé activar la formació de cúspides de platja o sistemes de corrents de ressaca (Masselink, 1996).

Així doncs, l'objectiu d'aquest treball persegueix caracteritzar els esdeveniments en què es generen règims d'embat, la seva intensitat i durada a una localitat tipus del Llevant de Mallorca, com a passa prèvia a la caracterització del seu efecte sobre l'onatge i la dinàmica a curt termini de les platges. Aquesta caracterització ha estat possible gràcies al desenvolupament d'un experiment entre els mesos d'abril i octubre de 2004, on s'abordaren els estats de mar associats a la presència de corrents de

ressaca (*rip currents*) a la platja de Cala Millor de cara al disseny d'un model operacional de prevenció del risc a la platja (Álvarez *et al.*, 2009; 2010) i que deixà disponibles dades de velocitat i direcció de vent d'alta resolució d'una estació meteorològica ubicada enfront de la façana marítima de Cala Millor.

Materials i mètode

Àrea d'estudi

La badia de Cala Millor, al Llevant de Mallorca, és una endinsada costanera de poc més de 6 km d'amplària i 2,7 km de fondària que es desenvolupa tot aprofitant el contacte de la unitat fisiogràfica de la Marina de Llevant amb els relleus de les Serres de Llevant. Queda delimitada al nord per l'avançada fins al Cap des Pinar dels relleus juràssics de les muntanyes de Son Jordi i, al sud, pels darrers afloraments de la plataforma fini-miocèmica a la Punta de n'Amer (Fig. 1).

Al fons de la badia hi descansen les platges de Cala Millor, de quasi 2 km de longitud i la platja de sa Marjal, de poc més de 500 m. Ambdues platges tanquen per mar unes petites conques, drenades pels torrents de Xiclatí i de Son Jordi. Aquestes conques, cap a terra queden delimitades per



Fig. 1. Localització de l'estació metorològica i principals elements fisiogràfics.
Fig. 1. *Location of the weather station and main physiographic features.*

les formes arrodonides de la Serra de Pula i la Jordana –al NE– i pel conjunt de ses Penyes Rotges-Puig de sa Font i els relleus de ses Talaies a ponent. Al seu peu hi descansa l'àrea arreica de Son Moro, sobre la qual es perllongà bona part del sistema dunar de la Punta de n'Amer, avui per avui quasi bé del tot desmantellat per l'acció antròpica.

Selecció de dades i anàlisi

Per a l'estudi de la brisa de mar a la badia de Cala Millor, s'ha utilitzat la sèrie de dades de direcció i velocitat del vent, amb periodicitat cada 10 minuts de l'estació meteorològica automàtica Aanderaa AWS 2700 que l'Institut Mediterrani d'Estudis Avançats (IMEDEA, CSIC-UIB) ubicà a Cala Millor d'abril a octubre de 2004. L'estació meteorològica s'ubicà al terrat de l'antiga caseta de la Guàrdia Civil de Cala Millor, coordenades UTM N533062–E4383466, i les dades estan referides a una alçària de 10 m, l'estació prengué dades de velocitat, intensitat i direcció de vent, temperatura i pressió atmosfèrica en intervals de 10 segons tot i que l'output resultant fou un estadístic per a cada 10 minuts. La sèrie temporal és contínua i no presenta buits ni alertes de control de qualitat de dades per als mesos de juny, juliol i agost, motiu pel qual s'ha ajustat la caracterització de l'embat al període estival.

La sèrie temporal fou sotmesa a un algoritme que seleccionava els dies d'acció de l'embat atenent a dues condicions:

a) Que es donàs un canvi brusc en la direcció del vent entre el matí i l'horabaixa. Atès que la platja de Cala Millor es diposa de Nord a Sud, es consideraria com a un dia d'embat si la direcció del vent procedia principalment del tercer i quart quadrant entre les 17:00h i les 05:00h i si, per al mateix dia, entre les 5:00h i les 16:00h el vent procedia principalment del primer i segon quadrant.

b) Que, tot i que la direcció del vent hagués estat, la mateixa tant al matí com al vespre, tot bufant des del primer i segon quadrant, les velocitats i la intensitat del vent durant les hores centrals del dia fossin majors que les de la resta del dia.

Aquests criteris han estat assajats prèviament per Masselink i Pattiaratchi (2007) per a un seguit de localitats de l'Est d'Austràlia i són força similars als definits per Azorín (2004) per a la costa d'Alacant. Altrament, Masselink i Pattiaratchi (2001) posen de manifest que, tot i tractar-se d'uns criteris lleugerament subjectius, el cert és que contrastats amb una exploració dia a dia de les dades, la coincidència en la identificació de dies de brisa marina és d'un 100% per als períodes estivals, però menys exitosa per als períodes hivernals. Una temptativa d'anàlisi d'errors per a la nostra sèrie temporal, aplicada just al mes de juny, resulta exitosa i apunta que el mètode estima a l'alça el nombre d'embats ja que es capturen tots els dies amb activació de brisa marina, de més a més de dos casos en què les condicions no són pròpiament d'embat, el que suposa un error del 6.4%. Així doncs, s'han revisat manualment tots els dies classificats com a dies d'embat i s'han eliminat de la sèrie temporal per als quals els patrons d'activació diürna de velocitat i direccions de vent no eren els que pertocaven a un episodi de brisa de mar.

Resultats

Freqüència dels episodis de brisa de mar

L'aplicació dels criteris d'identificació d'esdeveniments de brisa de mar descrits i la posterior revisió manual per al període comprès entre dia 1 de juny de 2004 i dia

31 d'agost de 2004 aboca 63 dies en què s'ha produït l'embat, el que suposa un 68.5% dels dies del trimestre amb arrencada de brises de mar (Taula 1). És més freqüent el fenomen durant el mes de juny (73,3% dels dies) que no pas durant el juliol i l'agost (67.7% i 64.5% dels dies respectivament), per bé que els embats canònics, classificats estrictament seguint el primer dels criteris descrits al mètode, són més abundants els mesos de juliol i agost.

Evolució diària de la direcció i la velocitat del vent

La Fig. 2 recull l'evolució dels paràmetres de velocitat mitjana, intensitat màxima dels vents i direcció per a un conjunt de dies seleccionats del període d'estudi. A tots ells, amb alguns matisos, es pot apreciar que la direcció del vent canvia entre les 5:00 i les 6:00h i comença a generar-se una brisa que es pot perllongar fins a les 18:00h o les 20:00h. En aquest sentit val la pena de destacar que el fenomen de la brisa de mar presenta dins dels requisits descrits al mètode una certa variabilitat.

Així doncs, tot i donant-se els preceptius canvis bruscs de direcció de vent i d'increment de velocitat, s'identifiquen episodis o dies de brisa de mar canònics, com el de dia 13.07.2004, amb velocitats màximes de mar cap a terra just a migdia (Fig. 2), i d'altres en què les velocitats més altes es donen abans de les 12:00h, o bé just després del dispar de la brisa marina ben de matí. Com així succeeix els dies 20.07.2004 o 13.08.2004 entre d'altres (Fig. 2).

Finalment, tot i que menys habitual, també es dóna el cas de dies en què la brisa de mar no presenta un cicle nítid, sinó que es registren diferents ràfegues de vent de mar cap a terra durant el dia, especialment durant les hores de màxima insolació. Per exemple, aquest és el cas de dia 10.06.2004 (Fig. 2).

També cal fer esment d'aquells dies en què l'embat es perllonga fins al capvespre, fins i tot coincidint amb la posta de Sol, i això succeeix en els dies especialment càlids com és el cas de l'exemple seleccionat de dia 13.08.2004.

Un altre aspecte a comentar pel que fa a l'evolució temporal de la brisa de mar és que, si bé el dispar suposa un canvi dràstic de direcció, el més habitual en els 63 dies amb brisa de mar per al període d'estudi és que, així com avança el dia, la direcció vagi virant del segon al tercer quandrant, de manera que tendeix a ser més brusc el canvi de direcció de vent al matí que no pas al capvespre. Comparau els dos exemples del mes d'agost presentats a la Fig. 2.

Aquesta variabilitat i matisos d'esdeveniments d'embat no són estranys, almanco pel que fa al seu vessant cultural. De fet, els pescadors i la gent de mar de la zona, empren termes com embat matiner, embat tardà, embat axalocat, embat valent o embat moll o fluix entre d'altres per diferenciar els tipus o els matisos de la brisa de mar.

Magnitud i direcció de la brisa de mar

La distribució de les velocitat mitjanes i màximes de la brisa de mar aboca uns valors modals d'entre 2 a 3 m/s per a l'esdeveniment tipus d'embat (Fig. 3).

Mes	Amb embat	Sense embat
Juny	22 (73,3%)	8 (26,7%)
Juliol	21 (67,7%)	10 (32,3%)
Agost	20 (64,5%)	11 (35,5%)
Total	63 (68,5%)	29 (31,5%)

Taula 1. Freqüència del dies de brisa marina a Cala Millor (juny-agost 2004)
Table 1. *Sea breeze day frequency at Cala Millor (june-august 2004).*

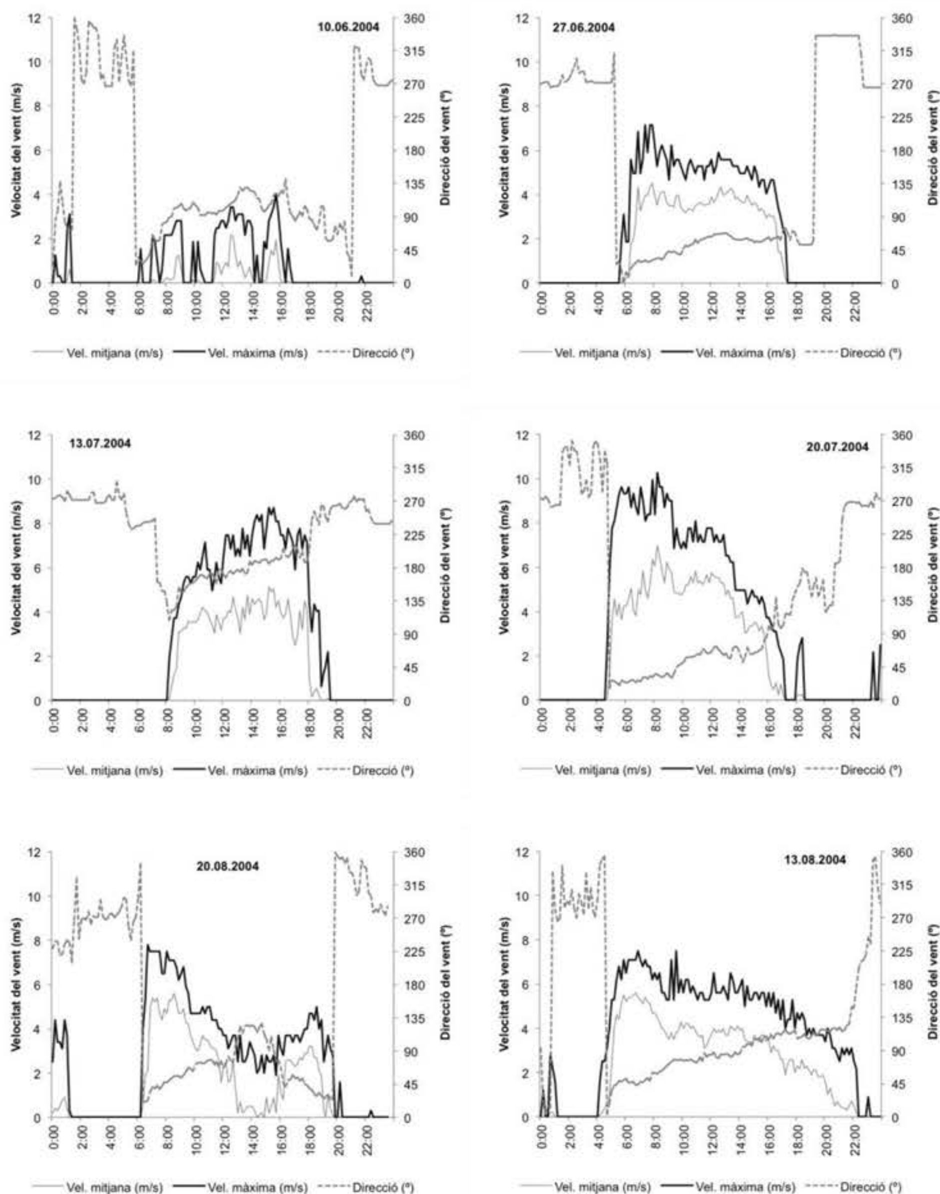


Fig. 2. Alguns exemples d'evolució horària de la velocitat, direcció mitjana i direcció màxima d'espisodis de brisa de mar.

***Fig. 2**. Selected time series of sea-breeze mean and maximun wind velocity and wind direction.*

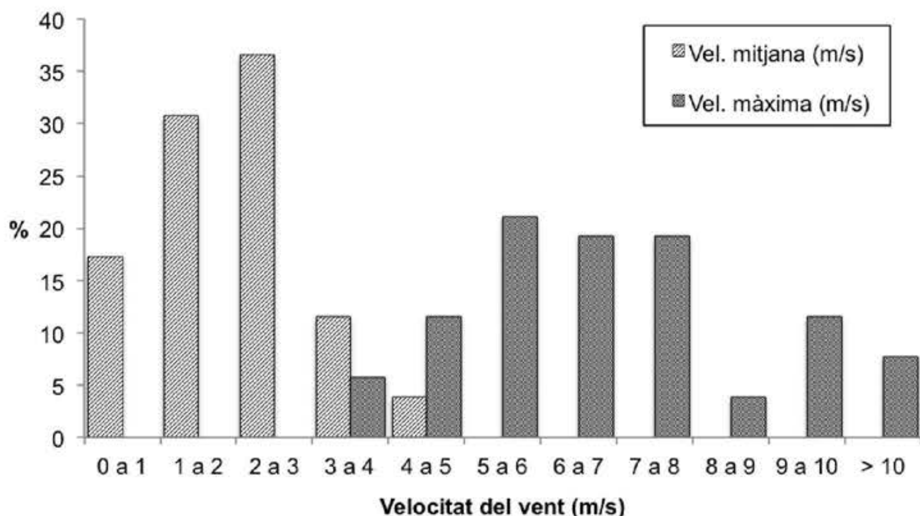


Fig. 3. Velocitat mitjana i màxima de la brisa de mar.
Fig. 3*. Sea-breexe mean velocity and gust.*

Tanmateix, durant els 63 esdeveniments de brisa de mar caracteritzats les velocitats mitjanes han presentat un rang que abraça dels 0,35 m/s als 4,61 m/s. Igualment els valors de velocitat màxima del vent registrats cada dia, apunten a uns fenòmens intensos, ja que els valors diaris màxims queden en un 60% dels casos entre 5 i 8 m/s; essent les velocitats màximes de vent més baixes de 3,4 m/s i la més alta d'11,5 m/s. (Fig. 3).

Pel que fa a les direccions del vent s'observa un sistema clarament bipolar. Les direccions mitjanes dels esdeveniments

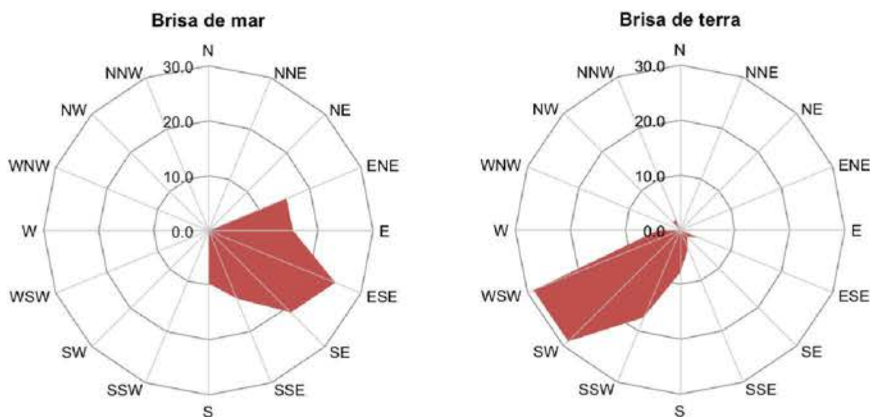


Fig. 4. Direccions mitjanes del vent dels episodis de brisa de mar i de la brisa de terra associada.
Fig. 4*. Sea-breeze events mean wind direction and subseqüent land-breeze meand direction.*

d'embat caracteritzats concentren el 60% dels casos entre l'est i el sud-est (Fig. 4); mentre que els episodis de brisa de terra concentren les seves direccions mitjanes en el tercer quadrant, amb el 75% dels casos procedent del sud-sud-oest i l'oest-nord-oest (Fig. 4).

Inici, finalització i durada de l'embat

De cada un dels esdeveniments se n'ha

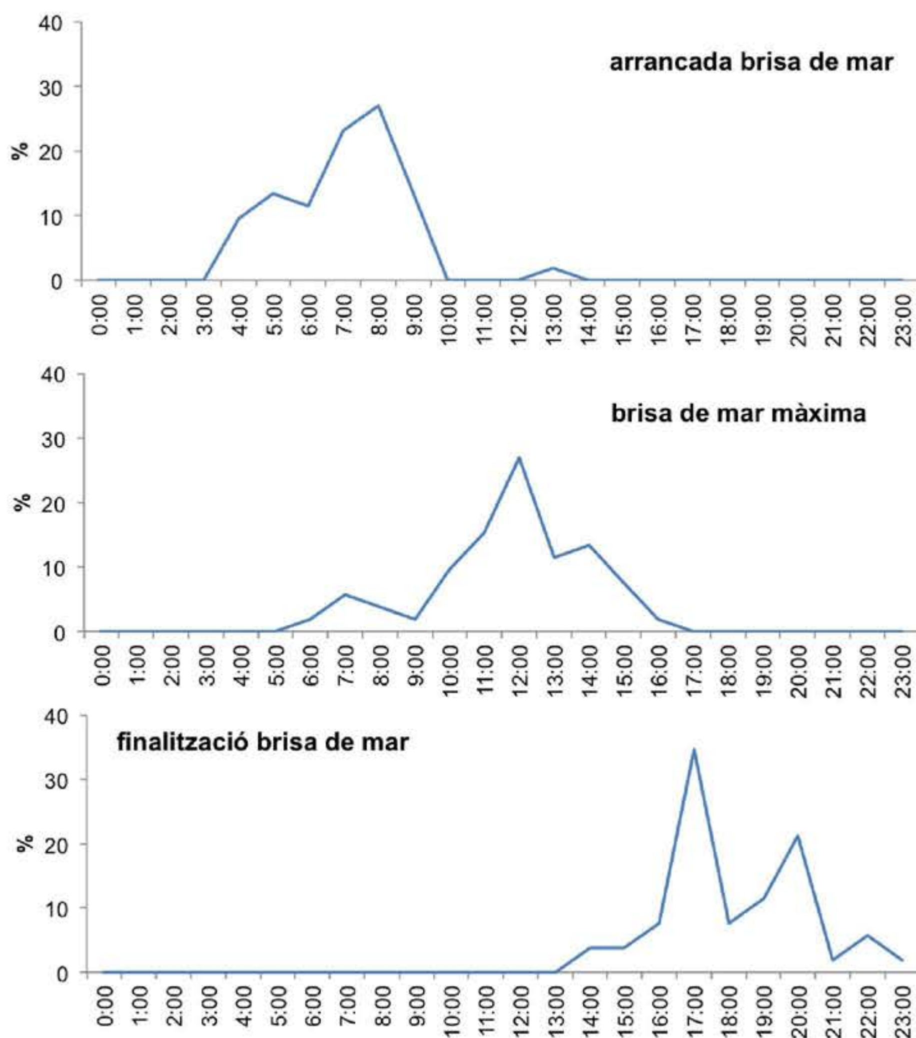


Fig. 5. Intervals horaris d'inici, hora de màxima velocitat i finalització de la brisa de mar.
Fig.5. *Time of sea-breeze starting, sea-breeze màximum velocity and end of sea-breeze event.*

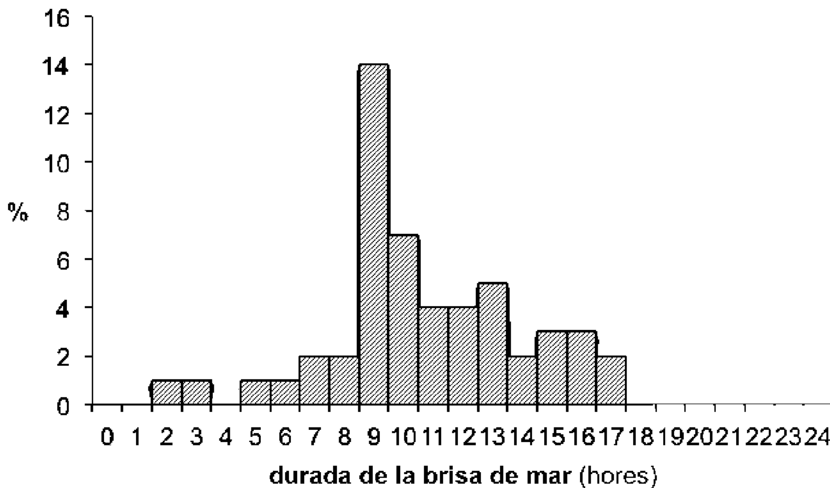


Fig. 6. Durada de la brisa de mar.
Fig. 6. *Sea-breeze duration.*

indicat l'hora d'inici, l'hora de finalització i la franja horària en què es dóna la màxima velocitat de vent (Fig. 5). Així doncs les brises de mar caracteritzades en un 63% dels casos arrenquen entre les 7 i les 9 h.

Les puntes d'embat solen donar-se entre les 11 i les 13h. De fet, un 53% dels casos estudiats queden inscrits en aquesta franja, mentre que l'embat, en un 50% dels diesfinalitza entre les 16 i 18 h (Fig. 3).

Crida l'atenció observar com hi ha un nombre elevat de dies, al voltant del 30%, en què la brisa de mar finalitza ben entrat el capvespre i, fins i tot, ja dins l'agost, coincidint amb la posta de Sol. Aquest retard en la finalització de la brisa de mar, tot sovint, coincideix amb una arrencada més tardana de la brisa de mar i amb unes condicions de temperatura elevada.

Pel que fa a la durada de la brisa de mar, el més habitual és que duri entre 9 i 11 hores. Els dies amb una durada breu esdevenen el mes de juny quan les temperatures encara són moderades, mentre que bona part dels dies amb durades més llargues coincideixen amb dies de temperatura elevada dels mesos de juliol i agost.

Discussió i conclusions

En el present estudi es caracteritzen els esdeveniments de brisa de mar estival durant tres mesos –de juny a agost- de 2004. Així doncs els resultats apunten que la brisa de mar al Llevant de Mallorca, –amb Cala Millor com a estació tipus– és un vent molt freqüent, ja que opera entre el 64 i el 73% dels dies de cada mes amb unes velocitats modals entre 2 i 3 m/s, tot i que fàcilment arriben a ràfegues màximes de 7 i 8 m/s i no són marginals els valors al voltant de 10 m/s.

Aquestes característiques no són massa diferents de les descrites per a d'altres localitats del litoral mediterrani de la península Ibèrica. Com tampoc ho són la durada dels esdeveniments o les hores d'arrencada i finalització (i.e. Olcina i Azorín Molina, 2004; Prohom, 1998;

Redaño *et al.*, 1991).

La catalogació d'esdeveniments de brisa marina i les observacions a propòsit de la seva direcció mitjana o de l'evolució de la direcció de l'embat al llarg del dia, també posen sobre la taula alguns aspectes fins ara poc aprofundits. Si bé, el sistema de de vents presenta una polarització de la procedència del vent entre l'embat i el terral i que en el moment de l'arrencada és produeix un canvi brusc de direcció, el cert és que així com evoluciona el dia les direccions de la brisa de mar es desplacen cap al tercer quadrant. Això fa que els estadístics descriptius apuntin cap a una procedència "axalocada" de l'embat a Cala Millor, quan la disposició N-S de la platja i els mapes de Jansà i Jaume (1946), suggereixen un flux normal a costa. No debades, Alomar *et al.* (2004) ja havien apuntat quelcom similar per a l'estació de Portocolom, també al Llevant de l'Illa i en altres indrets de la Mediterrània, fins i tot s'apunta a circulació d'embats paral·lels a costa (Martín-Vide *et al.*, 1992).

Pel que fa a les direccions del terral, en el cas estudiat hi ha una component marcadament local com és l'efecte dels relleus del puig de sa Font, que fan de barrera als vents del primer quadrant i que afavoreixen l'efecte dels que agranen la plana de Son Moro cap a mar.

Agraïments

L'autor vol agrair al Departament de Tecnologies Marines, Oceanografia Operacional i Sostenibilitat de l'Institut Mediterrani d'Estudis Avançats (IMEDEA, CSIC-UIB) per posar a la nostra disposició les sèries temporals de l'estació meteorològica de Cala Millor.

Bibliografia

Abbs, D.J. i Physick, W.L. 1992. Sea-breeze observations and modelling: A review. *Australian Meteorological Magazine*, 41: 9-19.

Alomar, G. 2012. *Geografia de la brisa marina a Mallorca. Anàlisi espacial de la seva influència en les precipitacions d'estiu i la seva participació com a factor de localització*. Tesi Doctoral inèdita. Departament de Ciències de la Terra. Universitat de les Illes Balears.

Alomar, G., Grimalt, M. i Laita, M. 2004. La percepción geogràfica del régimen de brises en Mallorca. De la experiència directa a los datos instrumentales. *In*: García, J.C., Diego, C., Fdez. de Arróyabe, P., Garmendia, C. y Rasilla, D. (eds.), *El Clima entre el mar y la montaña*: 551-559. Santander, Universidad de Cantabria.

Alvarez-Ellacuria, A., Orfila, A., Gómez-Pujol, L., Olabarrieta, M., Medina, R. i Tintoré, J. 2009. An alert system for beach hazard management in the Balearic Islands. *Coastal Management*, 37: 569-584.

Alvarez-Ellacuria, A., Orfila, A., Vizoso, G., Medina, R. i Tintoré, J. 2010. A nearshore wave and current operational forecasting system. *Journal of Coastal Research*, 26: 503-509.

Arrit, R.W. 1987. The effect of water surface temperature on lake breezes and thermal internal boundary layers. *Boundary-Layer Meteorology*, 40: 101-125.

Azorín-Molina, C. 2004. Estimación de la ocurrencia de la brisa en Alicante. *In*: García, J.C., Diego, C., Fdez. de Arróyabe, P., Garmendia, C. y Rasilla, D. (eds.), *El Clima entre el mar y la montaña*: 19-30 Santander, Universidad de Cantabria.

Azorín-Molina, C. i Martín-Vide, J. 2007. Methodological approach to the study of the daily persistence of the sea breeze in Alicante (Spain). *Atmosfera*, 20: 57-81.

Basterretxea, G., Garcés, A., Jordi, A., Masó, M. i Tintoré, J. 2005. Breeze conditions as a favoring mecanism of *Alexandrium taylori* blooms at a Mediterranean beach. *Estuarine Coastal and Shelf Science*, 62: 1-12.

Comalrena de Sobregrau, J. 2013. Comportamiento del viento local diurno en la Cuenca del Río Llobregat. *Investigaciones Geográficas*, 38: 267-289.

Gómez-Pujol, L., Orfila, A., Cañellas, B., Álvarez-Ellacuría, Méndez, F.J., Medina, R. i Tintoré, J. 2007. Morphodynamic classification of sandy beaches in low energetic marine environment. *Marine Geology*, 242: 235-246.

Houman, C.E. 1945. The sea breeze at Perth. *Weather Development Research Bulletin*, 3: 20-55.

Hsu, S.A. 1998. *Coastal Meteorology*. Noya York. Academic Press. 260 pp.

Jansà, J.M. i Jaume, E. 1946. El régimen de brisas en la isla de Mallorca. *Revista de Geofisica*, 19: 304-328.

Jehn, K.H. 1973. *A Sea-Breeze Bibliography, 1664-1972*. Report No. 33. Atmospheric Science Group, College of Engineering. The University of Texas, Austin, Texas.

Martín-Vide, J. 1992. El Clima. *In*: Carreras, C. (dir.). *Geografia General dels Països Catalans*: 1-110. Barcelona, Enciclopèdia Catalana.

Masselink, G. 1996. Sea breeze activity and its effect on coastal processes near Perth, Western Australia. *Journal of the Royal Society of Western Australia*, 79: 199-205.

Masselink, G. i Pattiaratchi, C.B. 2001. Characteristics of the Sea Breeze System in Perth, Western Australia, and its effect in nearshore wave climate. *Journal of Coastal Research*, 17: 173-187.

Neuman, J. 1984. The Coriolis force in relation to sea and land breezes – a historical note. *Bulletin of American Meteorological Society*, 65: 24-26.

Olcina, J. i Azorín-Molina, C. 2004. The meteorological importance of sea-breezes in the Levant region of Spain. *Weather*, 59: 282-286.

Ponce de León, S. i Orfila, A. 2013. Numerical study of the marine breeze around Mallorca Island. *Applied Ocean Research*, 40: 26-34.

Prohom, M.J. 1998. Principales características de la brisa marina estival en un punto de la costa catalana: Sant Pere Pescador. In. A.A.V.V. *VIII Coloquio del Grupo de Métodos Cuantitativos de Información Geográfica y Teledetección*: 16-179. Barcelona, AGE.

Ramis, C. 1998. L'embat a l'illa de Mallorca. *Territoris*, 1: 253-274.

Ramis, C. i Alonso, S. 1988. Sea-breeze convergence lin in Majorca. A satellite observation. *Weather*, 43: 288-293.

Ramis, C. i Romero, R. 1995. A first numerical simulation of the development and structure of the sea breeze on the island of Mallorca. *Annals of Geophysics*, 13: 981-994.

Ramis, C., Jansà, A. i Alonso, S. 1990. Sea Breeze in Mallorca. A numerical study. *Meteorological Atmospherics Physics*, 42: 249-258.

Redano, A., Cruz, J. i Lorente, J. 1991. Main features of the sea breeze in Barcelona. *Meteorology and Atmospheric Physics*, 46: 176-179.

Romero, R. i Ramis, C. 1996. A numerical study of the transport and diffusion of coastal pollutants during the breeze cycle in the island of Mallorca. *Annals of Geophysics*, 13: 981-994.

Simpson, J.E. 1994. *Sea Breeze and Local Wind*. Cambridge, Cambridge University Press. 234 pp.

Sonu, C.J., Murray, S.P., Hsu, S.A., Suhayda, J.N. i Waddell, E. 1973. Sea breeze and coastal processes. *EOS, Transactions of the American Geophysical Union*, 54: 820-833.